

Sonderdruck aus:

# Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung

Werner Dostal

Ansätze zur Anwendung von systemtechnischen  
Methoden in der Arbeitsmarktforschung

9. Jg./1976

**2**

## **Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (MittAB)**

Die MittAB verstehen sich als Forum der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. Es werden Arbeiten aus all den Wissenschaftsdisziplinen veröffentlicht, die sich mit den Themen Arbeit, Arbeitsmarkt, Beruf und Qualifikation befassen. Die Veröffentlichungen in dieser Zeitschrift sollen methodisch, theoretisch und insbesondere auch empirisch zum Erkenntnisgewinn sowie zur Beratung von Öffentlichkeit und Politik beitragen. Etwa einmal jährlich erscheint ein „Schwerpunktheft“, bei dem Herausgeber und Redaktion zu einem ausgewählten Themenbereich gezielt Beiträge akquirieren.

### *Hinweise für Autorinnen und Autoren*

Das Manuskript ist in dreifacher Ausfertigung an die federführende Herausgeberin  
Frau Prof. Jutta Allmendinger, Ph. D.  
Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung  
90478 Nürnberg, Regensburger Straße 104  
zu senden.

Die Manuskripte können in deutscher oder englischer Sprache eingereicht werden, sie werden durch mindestens zwei Referees begutachtet und dürfen nicht bereits an anderer Stelle veröffentlicht oder zur Veröffentlichung vorgesehen sein.

Autorenhinweise und Angaben zur formalen Gestaltung der Manuskripte können im Internet abgerufen werden unter [http://doku.iab.de/mittab/hinweise\\_mittab.pdf](http://doku.iab.de/mittab/hinweise_mittab.pdf). Im IAB kann ein entsprechendes Merkblatt angefordert werden (Tel.: 09 11/1 79 30 23, Fax: 09 11/1 79 59 99; E-Mail: [ursula.wagner@iab.de](mailto:ursula.wagner@iab.de)).

### **Herausgeber**

Jutta Allmendinger, Ph. D., Direktorin des IAB, Professorin für Soziologie, München (federführende Herausgeberin)  
Dr. Friedrich Buttler, Professor, International Labour Office, Regionaldirektor für Europa und Zentralasien, Genf, ehem. Direktor des IAB  
Dr. Wolfgang Franz, Professor für Volkswirtschaftslehre, Mannheim  
Dr. Knut Gerlach, Professor für Politische Wirtschaftslehre und Arbeitsökonomie, Hannover  
Florian Gerster, Vorstandsvorsitzender der Bundesanstalt für Arbeit  
Dr. Christof Helberger, Professor für Volkswirtschaftslehre, TU Berlin  
Dr. Reinhard Hujer, Professor für Statistik und Ökonometrie (Empirische Wirtschaftsforschung), Frankfurt/M.  
Dr. Gerhard Kleinhenz, Professor für Volkswirtschaftslehre, Passau  
Bernhard Jagoda, Präsident a.D. der Bundesanstalt für Arbeit  
Dr. Dieter Sadowski, Professor für Betriebswirtschaftslehre, Trier

### **Begründer und frühere Mitherausgeber**

Prof. Dr. Dieter Mertens, Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Karl Martin Bolte, Dr. Hans Büttner, Prof. Dr. Dr. Theodor Ellinger, Heinrich Franke, Prof. Dr. Harald Gerfin,  
Prof. Dr. Hans Kettner, Prof. Dr. Karl-August Schäffer, Dr. h.c. Josef Stingl

### **Redaktion**

Ulrike Kress, Gerd Peters, Ursula Wagner, in: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit (IAB),  
90478 Nürnberg, Regensburger Str. 104, Telefon (09 11) 1 79 30 19, E-Mail: [ulrike.kress@iab.de](mailto:ulrike.kress@iab.de); (09 11) 1 79 30 16,  
E-Mail: [gerd.peters@iab.de](mailto:gerd.peters@iab.de); (09 11) 1 79 30 23, E-Mail: [ursula.wagner@iab.de](mailto:ursula.wagner@iab.de); Telefax (09 11) 1 79 59 99.

### **Rechte**

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet. Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, fotografische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrofotos u.ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

### **Herstellung**

Satz und Druck: Tümmels Buchdruckerei und Verlag GmbH, Gundelfinger Straße 20, 90451 Nürnberg

### **Verlag**

W. Kohlhammer GmbH, Postanschrift: 70549 Stuttgart; Lieferanschrift: Heßbrühlstraße 69, 70565 Stuttgart; Telefon 07 11/78 63-0;  
Telefax 07 11/78 63-84 30; E-Mail: [waltraud.metzger@kohlhammer.de](mailto:waltraud.metzger@kohlhammer.de), Postscheckkonto Stuttgart 163 30.  
Girokonto Städtische Girokasse Stuttgart 2 022 309.  
ISSN 0340-3254

### **Bezugsbedingungen**

Die „Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung“ erscheinen viermal jährlich. Bezugspreis: Jahresabonnement 52,- € inklusive Versandkosten: Einzelheft 14,- € zuzüglich Versandkosten. Für Studenten, Wehr- und Ersatzdienstleistende wird der Preis um 20 % ermäßigt. Bestellungen durch den Buchhandel oder direkt beim Verlag. Abbestellungen sind nur bis 3 Monate vor Jahresende möglich.

### **Zitierweise:**

MittAB = „Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung“ (ab 1970)  
Mitt(IAB) = „Mitteilungen“ (1968 und 1969)  
In den Jahren 1968 und 1969 erschienen die „Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung“ unter dem Titel „Mitteilungen“, herausgegeben vom Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit.

**Internet:** <http://www.iab.de>

# Ansätze zur Anwendung von systemtechnischen Methoden in der Arbeitsmarktforschung

Werner Dostal

Die Möglichkeit, komplexe Systeme modellhaft zu erfassen und darzustellen, wurde zuerst für Problemstellungen aufgegriffen und genutzt, in denen eine enge Verknüpfung zwischen technischen, ökonomischen und soziologischen Problemen gegeben war. Die dabei verwendeten Methoden, zusammengefaßt unter dem Begriff „Systemtechnik“, haben inzwischen dazu geführt, daß viele Arbeitsgebiete unter neuen Blickrichtungen beobachtet wurden und dabei neue Problemlösungen erarbeitet werden konnten.

Hier wurde ein stark vereinfachter Arbeitsmarktvorgang mit einer Reihe von systemtechnischen Methoden untersucht. Die Untersuchung beschränkte sich in der Regel auf die Darstellung des Vorgangs in der jeweiligen Beschreibungsmethode. Die jeweiligen Lösungsverfahren wurden nur gestreift, soweit es für das Verständnis notwendig war.

Ausgehend von einer Beschreibung des Sachverhalts wurden die folgenden systemtechnischen Darstellungsverfahren verwendet:

— Gliederung — Blockschaltbild — Netzplantechnik — Entscheidungstabellentechnik — Regelkreisdarstellung — Analogschaltbild — System-Dynamics-Graph — logische Verknüpfung — Flußdiagramm

Die Umsetzung des Beispiels anhand der Beschreibungsverfahren erlaubt folgende Schlüsse:

- je spezieller ein Verfahren, um so geringer die Auswahl der darstellbaren Aspekte
- die Anwendung der Verfahren zwingt zu genauer und vollständiger Definition des Zustandes oder des Ablaufs und erhöht dadurch die Problemdurchdringung
- die meisten Verfahren führen zu einer Darstellung, die komplexe Probleme auf knappem Raum verständlich wiedergibt.

Diese Untersuchung sollte eine Orientierung für die Auswahl geeigneter Methoden sein und die Diskussion auf dem Gebiet der Betrachtung von Arbeitsmarktvorgängen mit systemtechnischen Methoden weiterführen. Sie wurde im IAB durchgeführt.

## Gliederung

1. Einführung
2. Methoden zur Systemdarstellung und zur Systemuntersuchung
3. Beispiel für die Darstellungs- und Simulationsverfahren
4. Modellierungs- und Darstellungsverfahren
  - 4.1 Universelle Methoden
    - 4.1.1 Textliche Beschreibung
    - 4.1.2 Gliederung
    - 4.1.3 Blockschaltbild
  - 4.2 Methoden der Vorgangsbegleitung
    - 4.2.1 Netzplantechnik
    - 4.2.2 Entscheidungstabellentechnik
  - 4.3 Methoden der Systemanalyse
    - 4.3.1 Aus dem Verhalten der Elemente eines Systems wird auf das Verhalten des gesamten Systems geschlossen
    - 4.3.2 Aus dem Verhalten des Systems auf äußere Einflüsse wird auf die innere Struktur des Systems geschlossen
    - 4.3.3 Aus dem Verhalten eines Modells, das nur einige Charakteristika des realen Systems hat, wird auf das Verhalten des realen Systems geschlossen
  - 4.4 Methoden der Simulation
    - 4.4.1 Regelkreisdarstellung
    - 4.4.2 Analogschaltbild
    - 4.4.3 System-Dynamics-Graph
    - 4.4.4 Logische Verknüpfung (Logikschaltplan)
    - 4.4.5 Flußdiagramm

## 5. Ordnung und Wertung der einzelnen Verfahren

### 5.1 Grad der Formalisierung

### 5.2 Vollständigkeit der Aussage

#### 5.2.1 Universelle Darstellungsmethoden

#### 5.2.2 Darstellung von Einzelaspekten

#### 5.2.3 Darstellung des Entscheidungsablaufs

#### 5.2.4 Darstellung des Zeitablaufs

### 5.3 Bewertung der Verfahren

## 6. Zusammenfassung

### 1. Einführung

Arbeitsmarkt- und Berufsforschung hat sich, soweit sie als Zweig der sozialwissenschaftlichen Disziplinen verstanden wird, häufig gegen den Vorwurf zu wehren, Ergebnisse ihrer Arbeit zu abstrakt, zu wenig praxisbezogen und zu weitschweifig darzustellen. Im IAB wurde bereits in früheren Arbeiten die Problematik der Umsetzung von Forschungsergebnissen in die Praxis ausführlich behandelt (MittAB 4/1971).

Hier soll ein Aspekt der wissenschaftlichen Darstellung näher behandelt werden und auf Denkweisen zwischen Wissenschaft und praktischer Anwendung auf Problemfälle angewendet werden.

Wissenschaftliche Kommunikation dient zunächst der Darstellung des Gedankenganges oder einzelner Grundgedanken. Dabei werden vor allem folgende Funktionen durch die Fixierung des Ablaufes erfüllt:

- Fixierung von Inhalten und Methoden, Nachvollziehbarkeit der Schlüsse, Aufbaufähigkeit und Erkennbarkeit neuer nicht explizit angegebener Erkenntnisse, Veränderung der Realität.

Insbesondere die Funktion der Veränderung der Realität durch die beschreibende Darstellung kann aufgrund von Positionen vertreten werden, die auf der einen Seite adäquate Darstellung als der Realität entsprechend anstreben und auf der anderen Seite Komplexitätsreduktion als den Vorgang der Realitätsbewältigung als einzig gangbaren Weg sehen. Überlegungen zur adäquaten Darstellung führen zu Aussagen wie „Systemtheorien zur Bewältigung von Komplexität müssen komplex sein“ (H. v. Hentig). Es hängt vom Wissen und vom Standort des Lesers ab, ob Darstellungsmittel als komplex oder als vereinfachend betrachtet werden. Entsprechend können die angeführten Methoden, je nach Verständnis durch den Leser, sowohl der Kategorie der Methoden zugeordnet werden, die in der Komplexität Realität widerspiegeln, als auch der Kategorie der Methoden der Komplexitätsreduktion, wie häufig auch die kybernetischen Denkweisen bezeichnet werden (Ashby).

Die Methoden der Beschreibung von Arbeitsmarktvorgängen sind, bedingt durch das Herkommen der wichtigsten wissenschaftlichen Vertreter, eher den traditionell-sozialwissenschaftlichen Methoden zuzuordnen als denen der exakten Wissenschaften nahestehenden, die als systemanalytische, kybernetische oder graphentheoretische bezeichnet werden können, wobei es weniger auf die Definition der Methode als solche, als auf die Hilfestellung der Methode bei der eindeutigen Definition der Elemente und der Art der Verknüpfung ankommt.

Bereits in früheren Aufsätzen in dieser Zeitschrift wurden systemanalytische Ansätze zur Analyse und Prognose der Arbeitsplatzstrukturen angeführt und angewendet<sup>1)</sup>. Dort betraf die Anwendung einen industriellen Bereich, nämlich die Arbeitsplätze an Werkzeugmaschinen verschiedener Automatisierungsgrade.

Methoden der Systemtechnik lassen sich jedoch auch auf andere, nicht industrielle Problembereiche ausweiten. Diese können zwar auch durch technische Entwicklungen beeinflusst sein, können aber auch ohne diese mit diesen Methoden erfaßt werden.

Zur Untersuchung komplizierter Vorgänge und komplexer Zustände wurde inzwischen eine große Zahl von Methoden und Techniken erarbeitet, die unter dem Begriff „Systemtechnik“<sup>2)</sup> zusammengefaßt werden. Dabei versucht die Systemtechnik, Kompliziertheit und Komplexität zu reduzieren (Ashby) und vertritt nicht die Ansicht, daß entsprechend der Kompliziertheit des Systems die Beschreibung in der gleichen Weise kompliziert und undurchschaubar sein muß.

Im Rahmen dieses Aufsatzes sollen zunächst die Methoden der anschaulichen Erläuterung dargestellt werden. Jede der angeführten systemtechnischen Methoden benötigt eine Beschreibungsmethode, die aus einer Kombination bildlicher und beschreibender Darstellung besteht.

<sup>1)</sup> Klauder, Wolfgang, Dieter Mertens, Erhard Ulrich, Ansätze zur Prognose des spezifischen Arbeitskräftebedarfs, Mitt(IAB) 8/1969, S. 599. Brödner, Peter, Friedrich Hamke, Automatisierung und Arbeitsplatzstrukturen, Bericht über Methoden und Ergebnisse von Untersuchungen in der Einzel- und Kleinserienfertigung, Mitt(IAB) 8/1969, S. 604 ff. Brödner, Peter, Friedrich Hamke, Automatisierung und Arbeitsplatzstrukturen, Bericht über eine Prognose der mutmaßlichen Entwicklung in der Einzel- und Kleinserienfertigung, Mitt(AB) 2/1970, S. 137.

<sup>2)</sup> Definitionen des Systembegriffs nach <sup>(1)</sup> Systemtechnik ist die systematische Anwendung wissenschaftlich fundierter Planungs- und Managementmethoden auf komplexe Systeme in Theorie und Praxis.

System: Ein System ist die Gesamtheit funktionell miteinander verknüpfter Teile. Es besteht aus Elementen und Relationen. Subsystem: Ein Subsystem ist der Teilbereich eines Systems. Durch die Herauslösung des Subsystems aus dem übergeordneten System entstehen Nahtstellen, die besonders berücksichtigt werden müssen.

Diese Darstellungsmethoden werden mit der sonst üblichen verbalen Beschreibung verglichen. Dazu wurde ein Beispiel aus dem Arbeitsmarktgeschehen gewählt.

Ziel dieser Gegenüberstellung soll sein, die Möglichkeiten der Methoden der Systemtechnik bei der Beschreibung von Zusammenhängen und Abhängigkeiten zu zeigen. Im Vordergrund steht dabei die Erhöhung der Genauigkeit der Aussage, die durch diese Methoden möglich ist. Dabei ist allerdings vorausgesetzt, daß man der Meinung ist, daß Zustandsgrößen und Zusammenhänge ermittelbar sind. Oder anders ausgedrückt, daß nicht die diffuse Beschreibung das entsprechende Mittel ist, etwas über ein System auszusagen. Denn dann wäre eine verbale Beschreibung besser geeignet als eine systematische Darstellung.

Gleichzeitig sollen die Grenzen dieser Methoden diskutiert werden. Da die systemtechnischen Beschreibungsmethoden nur einen Schritt in der systemtechnischen Behandlung eines Problems darstellen, sind sie isoliert betrachtet, nicht immer allgemein verständlich. Da die Aussage meist auf bestimmte Aspekte des Systems begrenzt sein kann, ist natürlich auch die Aussagemöglichkeit und das Verstehen des Systemzusammenhanges eingeschränkt.

Trotz dieser Begrenzung ist die Anwendung der systemtechnischen Methoden dann günstig, wenn die Problemstellungen komplexer und umfangreicher werden. Zur Erläuterung einzelner Verfahren wurde ein relativ einfaches Modell gewählt. Anhand dessen kann die Vorgehensweise, die Art der Darstellung und der Informationsgehalt verschiedener Arten der Betrachtung von Grundmodellen der systemtechnischen Analyse angegeben werden.

## 2. Methoden zur Systemdarstellung und zur Systemuntersuchung

Um mit den systemtechnischen Methoden arbeiten zu können, muß das „System“, d. h. der Sachverhalt oder der Vorgang, zunächst einmal dargestellt und abgegrenzt werden.

Schon diese erste Stufe der Darstellung und Abgrenzung ist ein wichtiger Schritt in der Bearbeitung des Systems. Entsprechend den Methoden, die zur Verfügung stehen, kann das System im eigenen Denken und für die Kommunikation mit Anderen Gestalt gewinnen.

Während früher die Form der Beschreibung oder, wie z. B. bei Galilei, die Form des Zwiegesprächs zwischen einem Kundigen und einem Wißbegierigen eine Methode war, um Erkenntnisse über Systeme zu vermitteln, wurden diese Methoden schon bald ergänzt. Sehr früh trat neben die Beschreibung das Bild, entweder künstlerisch gestaltet oder die Schemazeichnung. Heute sind wir mit vielen derartigen Darstellungsmethoden, die Text und Bild vereinen, vertraut. Diese Darstellungsmethoden sind aber von Grund auf statisch und ermöglichen keine Berücksichtigung der Dynamik eines Vorgangs. Diese Dynamik ließe sich beispielsweise durch bewegte Bilder, durch einen Film, speichern. Viele Abläufe lassen sich aber auch mathematisch darstellen. Allerdings hat die mathematische Darstellungsweise den Nachteil, daß sie durch ihre hohe Abstraktion sich von den üblichen Kommunikationsmethoden entfernt hat, so daß die Abläufe nur nach intensiver Erarbeitung nachvollzogen werden können.

Die systemtechnischen Darstellungsverfahren sind eine Kombination der einzelnen Darstellungselemente Bild, Text und mathematische Schreibweise. Auch diese Verfahren müssen gelernt werden, um sie lesen und mit ihnen

arbeiten zu können. In einem Text wird der Leser von einem Punkt zum anderen geführt, und wenn er sorgfältig liest, dann müßte er die volle Information erhalten haben. Ganz anders bei einem Bild oder einer Schemazeichnung: Der Betrachter wird nicht geführt, sondern muß von sich aus Initiative entfalten, um den Informationsgehalt wahrzunehmen. Dabei gibt es unterschiedliche Fähigkeiten: Der Erfahrene erkennt schneller das Wesentliche als der Unerfahrene, der Mühe hat, die wesentlichen Informationen zu finden.

Außerdem muß — ähnlich wie bei Fachworten im Text — die Bedeutung der Symbole bekannt sein, um den Gesamtzusammenhang zu begreifen.

Hinter jeder Darstellungsmethode, die im folgenden erläutert wird, steht die eigentliche Methode der Problemlösung, die hier nur gestreift wird. Da diese Problemlösungsmethoden sehr verschieden in ihren Möglichkeiten und Grenzen sind, ergeben sich daraus die Verschiedenheiten der Darstellungsmethodik.

Die Methoden werden unterteilt in:

1. Universelle Methoden
2. Methoden der Vorgangsbegleitung — ablaforientierte Methoden
3. Methoden der Systemanalyse — strukturorientierte Methoden
4. Methoden der Simulation

In dieser Reihenfolge werden die einzelnen Darstellungsformen untersucht.

### 3. Beispiel für die Darstellungs- und Simulationsverfahren

Die einzelnen Darstellungs- und Simulationsverfahren sollen an einem Beispiel aus dem Bereich der Arbeitsmarktforschung verdeutlicht und bewertet werden. Es zeigt sich, daß derartige Verfahren auch auf andere Gebiete übertragbar sind, für die nach herkömmlicher Denkweise formal-„technische“ Denkweisen ungebräuchlich, suspekt und nahezu ungebührlich erscheinen. Die Anwendung der Methoden leidet auch, und das trifft ganz besonders auf diese hier vorliegende Darstellung zu, unter dem Zwang zur weitgehenden Vereinfachung des Problems. Diese Vereinfachung ist schon deshalb notwendig, um gleichzeitig ein breites Spektrum verschiedener Methoden in einem Aufsatz unterzubringen, aber auch für die Vergleichbarkeit der Methoden ist ein knappes Beispiel deutlicher.

Im Unterschied zu dem Arbeitsmarktschema der Theoriegruppe des IAB<sup>3)</sup>, in dem ein umfassendes Bezugssystem aller Elemente des Arbeitsmarktes angegeben ist, wird hier in einem konstruierten Beispiel ein stark vereinfachter Sachverhalt untersucht:

Das hier zugrundeliegende Beispiel betrachtet den Bereich der Ausbildungsförderung. Zunächst wird nur ein Beruf betrachtet, in dem das Arbeitskräfteangebot entweder knapp, gerade richtig oder zu groß ist.

Die Definition von Knappheit, Ausgeglichenheit oder Überangebot soll hier nicht stattfinden, obwohl auch hier eine systemtechnische Untersuchung zu interessanten Ergebnissen führen würde. Hier sollen diese Begriffe lediglich in den Raum gestellt werden.

<sup>3)</sup> Vgl. Kühl, Jürgen, Leo Pusse, Bernhard Teriet, Erhard Ulrich: Bezugssystem für Ansätze einer Theorie der erwerbswirtschaftlichen und kontrahierten Arbeit, MittAB 4/1975, S. 287.

Das System soll nun folgendermaßen reagieren:

Bei Knappheit soll die Ausbildung bzw. die Umschulung gefördert werden, je nach Situation durch individuelle oder institutionelle Förderung.

Ein Überangebot soll, wird es rechtzeitig erkannt, möglichst abgewendet werden. Die Zeitdauer der Ausbildung oder der Einrichtung einer Ausbildungsmaßnahme erschwert die Beurteilung der Knappheit oder Überschußsituation des Systems.

Diese Prozesse lassen sich darstellen und simulieren, wobei durch die einzelnen Verfahren unterschiedliche Aspekte hervorgehoben bzw. vernachlässigt werden.

## 4. Modellierungs- und Darstellungsverfahren

### 4.1 Universelle Methoden

Die Übergänge von einer romanhaften Beschreibung eines Sachverhaltes über einen technischen Bericht bis zu einer Grafik mit Beschreibungsteilen sind fließend. Man kann in die drei Darstellungsformen untergliedern:

Textliche (verbale) Beschreibung  
Gliederung  
Blockschaltbild

#### 4.1.1 Textliche Beschreibung

Die textliche Beschreibung ist das gebräuchlichste Verfahren zur Darstellung von Sachverhalten. Diese Methode hat eine lange Tradition, und sie wurde so weit vervollkommen, daß nahezu alle Sachverhalte und Vorgänge dargestellt werden können. Durch ihre Allgemeinverständlichkeit sind zu einer textlichen Beschreibung keine weiteren Erläuterungen notwendig.

Dagegen steht eine geringe Übersichtlichkeit und die Gefahr, die Zusammenhänge unvollständig wiederzugeben. Durch die sequentielle Abfolge der Information wird der Leser gezwungen, der Betrachtungsweise des Verfassers zu folgen. Jeder Verweis auf vorangegangenen oder folgenden Text ist ein Bruch in der Darstellung.

Ein zeilenweise geschriebener Text ist eindimensional. Verknüpfungen, Rückführungen und gedankliche Schleifen müssen in diese eindimensionale Struktur gepreßt werden, indem man zum Beispiel Querverweise angibt, Fußnoten anbringt, auf folgende Abschnitte verweist oder auf Anfangskapitel Bezug nimmt.

### Beschreibung

Eine fördernde Institution habe die Aufgabe, den Markt zwischen Bewerbern und offenen Stellen für bestimmte Berufe auszugleichen. Dieser Ausgleich ist selbstverständlich nur dann notwendig, wenn sich Ungleichgewichte einstellen. Der Gleichgewichtszustand liegt zwischen den beiden folgenden Extremen:

O Viele offene Stellen — keine Bewerber

Keine offenen Stellen — viele Bewerber

Eine zusätzliche Dimension erhält das System dadurch, daß für bestimmte Berufe eine Ausbildung notwendig ist. Ungleichgewichte, die sich auf dem Arbeitsmarkt dann ausbilden, können noch dadurch verschärft werden, daß entweder Ausbildungseinrichtungen in nicht genügender Anzahl oder überhaupt nicht vorhanden sind, oder daß zu viele Ausbildungseinrichtungen mit entsprechender Werbung für einen

Beruf Nachwuchs heranbilden, für den kein Arbeitsplatzangebot vorhanden ist.

Die fördernde Institution hat nun verschiedene Möglichkeiten, auf diesen Markt einzuwirken: O Abraten von einer Berufsausbildung O Neutrales Verhalten O Empfehlung eines Berufs bzw. einer Ausbildung O Förderung eines Berufes durch Förderung der Ausbildung (individuell und/oder institutionell).

Um einen ausgeglichenen Arbeitsmarkt zu erreichen, sollen diese Maßnahmen zum Einsatz gebracht werden. Diese Institution könnte abraten, wenn die Ausgebildeten keine Position finden, wenn also keine offenen Stellen vorhanden sind bzw. die Anzahl der Bewerber die Zahl der offenen Stellen weit übersteigt. Sie wird sich neutral verhalten, wenn ohne ihr Zutun ein ausgeglichener Arbeitsmarkt erzielt wird. Sie könnte zuraten, wenn eine genügende Ausbildungskapazität vorhanden ist, die aber nicht vollständig genutzt wird, und wenn außerdem damit gerechnet werden kann, daß die Absolventen nach Ausbildungsabschluß alle eine Position bekommen.

Eine individuelle Förderung könnte dann einsetzen, wenn Schulungsmöglichkeiten vorhanden sind. Durch die individuelle Förderung werden zusätzliche Interessenten auf diesen Beruf aufmerksam gemacht und es wird ihnen ermöglicht, die Ausbildung durchzuführen.

Eine institutionelle Förderung wird dann erfolgen, wenn für einen bestimmten Beruf nicht genügend Ausbildungskapazität zur Verfügung steht, obwohl ein Bedarf vorhanden ist. Als starker Impuls kann noch die Kombination aus individueller und institutioneller Förderung betrachtet werden. Dies wird dann notwendig sein, wenn eine besondere Mangelsituation in diesem Beruf vorliegt.

Die Interessenten für einen bestimmten Beruf werden diesen Beruf bei sonst gleichen Bedingungen um so eher ergreifen, je besser die Einkommenssituation in diesem Beruf ist. Da in Mangelsituationen das Einkommen von vorneherein eine gewisse Höhe erreichen wird, werden sich genügend Interessenten für einen solchen Beruf finden. Ist aber eine Ausbildung notwendig, dann stößt die Aus- bzw. Weiterbildung bei den meisten auf Schwierigkeiten, da sie auf das Einkommen in dem Zeitraum der Schulung nicht verzichten können. Durch eine individuelle Förderung kann der Verdienstausschlag zumindest teilweise kompensiert werden.

Auf einen sehr wichtigen Aspekt soll hier noch hingewiesen werden: Den Zeitaspekt. Eine Ausbildung, die in diesem Beispiel als erforderlich vorausgesetzt wird, dauert eine bestimmte Zeit, während der sich das Arbeitsplatzangebot bereits weiter entwickelt. Die Möglichkeiten und Chancen, einen Arbeitsplatz zu bekommen, können am Anfang und am Ende einer solchen Ausbildung durchaus unterschiedlich sein. Der Interessent, der sich für eine Ausbildung entschließt, mußte eigentlich die Situation auf dem Arbeitsmarkt zum Zeitpunkt des Ausbildungsendes kennen. Genauso muß die fördernde Institution diesen zeitlichen Verlauf kennen, da sie sonst keine Grundlagen für ihr Verhalten bei der Beratung oder bei der Unterstützung hätte. Dabei muß außerdem berücksichtigt werden, daß die institutionelle Förderung einer zusätzlichen Anlaufzeit bedarf und daß Ausbildungs-

kapazitäten, die geschaffen werden, erst durch die Ausbildungsdauer verzögert zu Absolventen im Bewerberangebot führen. Durch diese Zeitverschiebung kann es zu Zyklen kommen, die sich sehr ungünstig auswirken:

Die Beratung erfolgt aufgrund der gegenwärtigen Beschäftigungssituation und empfiehlt die Durchführung einer Ausbildung. Eine Zahl von Interessenten entschließt sich zu dieser Ausbildung, das führt aber nicht sofort zu einer Behebung der Mangelsituation. Also wird laufend weiter für diesen Beruf geworben, da es ein Rückmeldesystem auf dieser Stufe nicht gibt. Nach Ablauf der Ausbildungsphase der ersten Bewerber ändert sich die Arbeitsmarktsituation, da diese Absolventen die offenen Stellen besetzen. Bereits die folgenden Absolventen können dann eine ungünstige Situation vorfinden, nämlich die, daß alle Stellen schon besetzt sind. Dann wird von dieser Ausbildung abgeraten, vorausgesetzt, der Berater erfährt von der Lage einiger Absolventen, die keine Anstellung finden. Dabei kann wieder eine Mangelsituation entstehen. In ungünstigen Fällen können sich dann Überfluß- und Mangelsituationen abwechseln.

#### *Kommentar:*

Die hier beschriebenen Abhängigkeiten sind an sich einfach und werden beim Leser den stereotypen Einwand hervorrufen: Die Wirklichkeit ist viel komplizierter. Doch bereits diese einfachen Zusammenhänge führen nur zu Ergebnissen über einen Formalismus, der sich ohne mathematische, rechnerische Hilfsmittel nicht lösen läßt, wenn man sich mit der Aussage „Es kann sich ein Zyklus — als Schweinezyklus oft zitiert — bilden“ nicht begnügen will, sondern wissen will: Wie hängen Zyklusdauer und Dauer der Ausbildung, Dauer der Informationsverbreitung über Mangel-, Einkommens- und Überschußinformationen voneinander ab? Wie stark sind die Ausschläge bei der Zyklusbildung? Wovon hängen diese ab? Wann wird das System instabil?

#### *4.1.2 Gliederung*

Magert man die textliche Beschreibung zu einem Gerüst ab, dann erhält man eine Gliederung der Prozesse. Durch die eindeutige Anordnung der Begriffe ist die Gefahr der Unübersichtlichkeit und Mehrdeutigkeit nicht mehr so groß wie bei der textlichen Beschreibung. Die Beschreibung wird überschaubar. Fallweise eingestreute Querverweise sind vom Leser leicht zu überblicken. Die Gliederung läßt sich leichter überfliegen, die wesentlichen Punkte kann man sich leichter einprägen.

Da die Gliederung sequentiell die einzelnen Gliederungspunkte auführt, ist sie ebenfalls eine eindimensionale Darstellung. Wird die Gliederung durch viele Querverweise und ähnliches gefüllt, ergeben sich wie beim ausführlichen Text Verständnisschwierigkeiten, da der Leser gezwungen wird, zwischen Textzeilen zu springen. Gegenüber der textlichen Beschreibung können komplexe Sachverhalte, die dort ausführlich beschrieben und erklärt worden sind, hier nicht entsprechend aufgeführt werden. Vom Leser wird verlangt, daß er Begriffe und Kontext kennt oder sich dazudenken kann.

#### **Gliederung**

##### **1. Aktionen des Bewerbers — Umschülers**

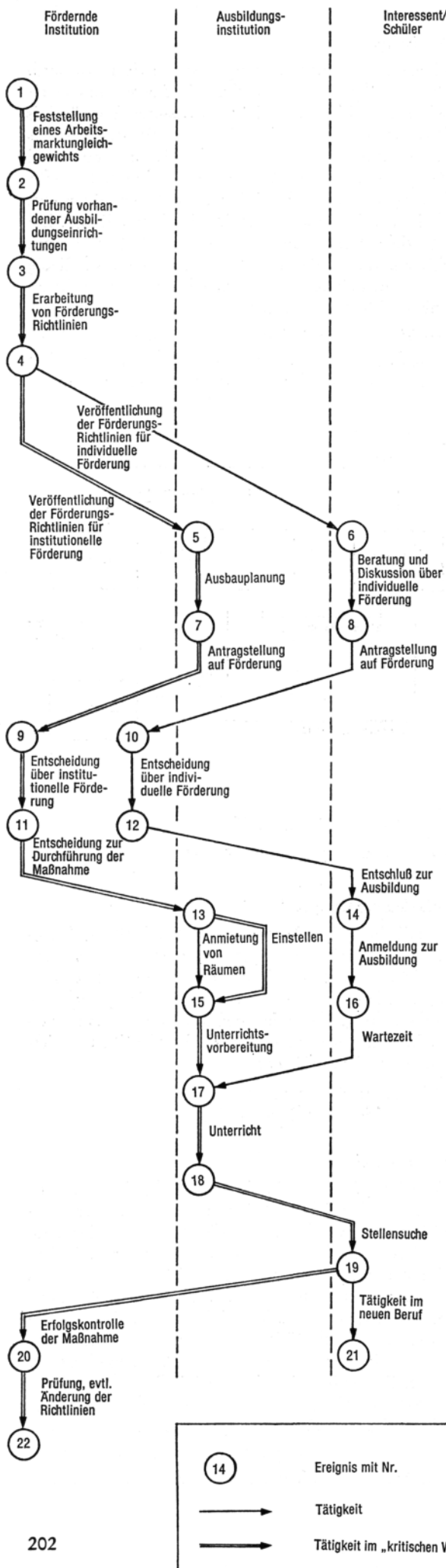
###### **1.1 Entscheidungsgrundlagen für Umschulungswunsch**

###### **1.1.1 Erzielbares Einkommen**

###### **1.1.2 Eignung für die Tätigkeit**



## Netzplan



schritte eines Projektes. Die Quantifizierung des Zeitrahmens erfolgt durch die eingetragenen Termine. Durch terminliche Veränderungen, Verzögerungen oder Beschleunigungen ändern sich diese Eckwerte. Die logische Struktur bzw. die festgesetzte Abfolge des Planes bleibt erhalten.

Der Vorteil der Netzplantechnik liegt darin, daß sehr schnell erkannt werden kann, welche Tätigkeiten oder Ereignisse den Endtermin beeinflussen und welche Aktivitäten ohne Gefahr für den Endtermin verschoben werden können. Durch die Verwendung einer Datenverarbeitungsanlage zur Aktualisierung dieser Termine lassen sich mit geringem Arbeitsaufwand die jeweils aktuellen Netzpläne erstellen, die dann z. B. für den Projektleiter eine sehr anschauliche Entscheidungs- und Planungsunterlage darstellen.

### 4.2.2 Entscheidungstabellentechnik

Das Fällen von Entscheidungen setzt voraus, die einzelnen Entscheidungsfaktoren zu kennen und sie zu bewerten. Um dieses Vorgehen zu systematisieren, wurde die Entscheidungstabellentechnik entwickelt. Für jede Variation der einzelnen Faktoren muß die entsprechende Entscheidung festgelegt und eingetragen werden. Die Entscheidung kann auch aus einer Anzahl nacheinander ablaufender Aktionen bestehen.

Das Wesentliche an diesem Verfahren ist die Tatsache, daß sämtliche Kombinationsmöglichkeiten der Entscheidungsfaktoren untersucht werden und daß für jede dieser Situationen eine Entscheidung festgelegt werden muß. Die Entscheidungstabelle ist eine sehr anschauliche Darstellung der Entscheidungspunkte und der Entscheidungsmöglichkeiten.

### Entscheidungstabellen

Förderungsentscheidung	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
B1 offene Stellen vorhanden	J	J	J	J	N	N	N	N
B2 Bewerber vorhanden	J	J	N	N	J	J	N	N
B3 Ausbildungsplätze vorhanden	J	N	J	N	J	N	J	N
A1 institutionell fördern		X		X				
A2 individuell fördern			X	X				
A3 abraten					X	X		
A4 neutral verhalten	X						X	X

Interessentenentscheidung	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
B1 offene Stellen vorhanden	J	J	J	J	N	N	N	N
B2 Förderung möglich	J	J	N	N	J	J	N	N
B3 Ausbildungsplätze vorhanden	J	N	J	N	J	N	J	N
A1 ausbilden lassen	X			X	X			
A2 abwarten		X						
A3 nur bei großem Interesse ausbilden lassen			X					
A4 nichts unternehmen						X	X	X

### Erläuterungen

#### 1. Grundelemente der Tabelle

Bedingungsteil	Bedingungs-anzeigerteil
Aktionsteil	Aktions-anzeigerteil

#### 2. Kurzzeichen

- J Bedingung muß erfüllt sein (JA)
- N Bedingung darf nicht erfüllt sein (NEIN)
- X Aktion muß ausgelöst werden
- A Aktion
- B Bedingung
- R Regel



#### 4.3 Methoden der Systemanalyse

Nachdem das System in seinem Aufbau beschrieben wurde, in seinem zeitlichen Ablauf und in der Entscheidungsstruktur beleuchtet wurde, soll jetzt das Systemverhalten untersucht werden. Normalerweise möchte man nämlich wissen, wie sich bestimmte Entscheidungen oder auch Randbedingungen des Systems auf dessen Verhalten auswirken. Diese Auswirkungen konnten bisher in der verbalen Beschreibung zwar erwähnt werden, bei den anderen bisher angeführten Darstellungsmethoden nicht. Damit überschreiten wir die Schwelle von der Steuerung, d. h. des Treffens von Entscheidungen aufgrund vorgegebener Richtlinien zur Regelung: Entscheidungen aufgrund der Auswirkungen vorheriger Entscheidungen und Abschätzung der Wirkung der gefaßten Entscheidungen.

Diese zusätzlichen Systemmerkmale, die für eine Regelung bekannt sein müssen, können durch eine Systemuntersuchung ermittelt werden. Die Systemtechnik liefert verschiedene Methoden zu einer derartigen Untersuchung:

##### *4.3.1 Aus dem Verhalten der Elemente eines Systems wird auf das Verhalten des gesamten Systems geschlossen*

Zunächst werden die Systembestandteile, soweit sie erkennbar sind, voneinander getrennt. Die Funktionen dieser Systembestandteile und ihre Verknüpfung untereinander werden ermittelt. Dabei werden Systembestandteile soweit aufgegliedert, bis für die Bestandteile die Verhaltensweise bekannt ist (das Verhalten von Grundelementen ist normalerweise bekannt).

Die Wirkung des gesamten Systems läßt sich dann aus den einzelnen Wirkungen der Systemelemente durch eine Systemsynthese ermitteln. Diese Methode ist nur dann anwendbar, wenn die Zerlegung in diese Systemelemente möglich und sinnvoll ist, wenn die Verknüpfungen eindeutig bestimmt werden können und wenn die Grundelemente genügend bekannt sind. Sollten nichtidentifizierbare Systemelemente vorhanden sein, dann kann die Analyse nicht vollständig durchgeführt werden. In diesem Fall sind Reaktionen des Gesamtsystems möglich, die aufgrund der bisher bekannten Einzelelemente nicht abschätzbar sind.

##### *4.3.2 Aus dem Verhalten des Systems auf äußere Einflüsse wird auf die innere Struktur des Systems geschlossen*

Bei dieser Methode wird mit dem Originalsystem experimentiert. In systematischen Versuchsreihen wird das System unterschiedlichen Eingangsgrößen ausgesetzt, und die dabei entstehenden Ausgangsgrößen werden gemessen. Es läßt sich also damit die Abhängigkeit der Ausgangsgrößen von den Eingangsgrößen ermitteln. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihen ermöglichen eine Voraussage, wie sich das System dann im praktischen Betrieb verhält.

Diese Vorgehensweise ist in vielen Disziplinen üblich<sup>4)</sup>, in denen ohne Gefahr und ohne übergroßen Aufwand experimentiert werden kann. In vielen Bereichen ist eine solche Möglichkeit nicht gegeben.

##### *4.3.3 Aus dem Verhalten eines Modells, das nur einige Charakteristika des realen Systems hat, wird auf das Verhalten des realen Systems geschlossen*

Für die meisten in der Wirklichkeit vorkommenden Systeme (einen Sonderfall stellen die technischen Systeme

<sup>4)</sup> Z. B. in der Elektrotechnik: Ein Bauelement, dessen Aufbau, Struktur und Wirkungsweise unbekannt ist, wird als „schwarzer Kasten“ bezeichnet. Eine Untersuchung, wie sich die Ausgangssignale auf bestimmte Eingangssignale einstellen, erlaubt es, die Charakteristik dieses schwarzen Kastens und damit auch sein Verhalten zu bestimmen.

mit hohem Auflösungsgrad dar) sind die Systembestandteile und die Systemverknüpfungen nicht vollständig bekannt. In den meisten Fällen lassen sich Untersuchungen am realen System nicht durchführen. Koxholt (2) führt folgende Gründe an:

- Die Untersuchung ist unmittelbar mit Gefahr für Menschen und Material verbunden
- Folgeerscheinungen sind unerwünscht, da sie sich nicht rückgängig machen lassen, wenn die Untersuchung abgeschlossen ist
- Die Untersuchung ist unwirtschaftlich
- Die Untersuchung ist langwierig und zeitraubend
- Die Untersuchung behindert den Ablauf des wirklichen Systems

In diesen Fällen besteht die Möglichkeit, eine Modelluntersuchung durchzuführen, d. h., das reale System wird durch ein geeignetes Modell ersetzt, mit dem dann experimentiert wird. Dieses Modell sollte sich so wie das reale System verhalten, zumindest in den wichtigsten oder ausschlaggebenden Charakteristika. Derartige Modelluntersuchungen werden auch mit dem Begriff „Simulation“ bezeichnet, wenn verschiedene Zustände versuchsweise durchgespielt, experimentell nachvollzogen oder auf irgendeine Weise mehrere reale Systemzustände nachgeahmt werden.

#### 4.4 Methoden der Simulation

Für die Simulation benötigt man also ein Modell und ein Experimentierverfahren, um das Modell in seinen Eigenschaften zu erforschen. Modell und Experimentierverfahren müssen selbstverständlich aufeinander abgestimmt sein. Die Art des Modells ergibt sich überwiegend aus den vorhandenen Experimentiermöglichkeiten, hängt aber auch von der Aufgabenstellung ab.

Es gibt eine Vielzahl von Modellerzeugungs- und Experimentierverfahren :

- verkleinerte Systeme (z. B. Modellschiffe im Strömungsversuch, Modellflugzeuge im Windkanal)
- mathematische Verfahren (Gleichungen, Input-Output-Modelle)
- analoge Verfahren (Umsetzung z. B. von Personenströmen in Wasserströme in einem Leitungsnetz oder Ströme in einem Stromnetz).

Bedeutung erlangt haben hauptsächlich die mathematischen und die analogen Verfahren, da es hier entsprechende, vielseitig verwendbare Geräte gibt.

Mathematische Verfahren lassen sich gut auf elektronischen Digitalrechnern simulieren. Speziell dafür entwickelte Programmiersprachen („Simulationssprachen“) ermöglichen die Modellbildung auf derartigen Rechnern mit vertretbarem Aufwand.

Analoge Verfahren eignen sich für die Behandlung auf Analogrechnern, die zwar den Nachteil einer begrenzten Kapazität bieten, dafür aber mit hoher (Rechen-)Geschwindigkeit und mit einer bildlichen Darstellung am Sichtgerät arbeiten. Werden diese Analogrechner noch durch einen Digitalteil ergänzt, spricht man von Hybridrechnern.

Das Modell entsteht aus einer Untersuchung des Sachverhaltes über die Bewertung der Einzelabhängigkeiten. Daraus entsteht ein Abbild der Wirklichkeit, dargestellt mit den Mitteln, die das Experimentierverfahren zuläßt.

Ein Modellbau ist nur iterativ möglich. Die Analyse des Systems führt zu Einzelementen und Relationen. Diese Systembestandteile werden dann modellhaft (z. B. als Routine eines DV-Programms oder als Schaltung eines Analogrechners) ausgebaut und verknüpft. Dieses Modell läßt sich dann auf dem entsprechenden Experimentiergerät (DV-Anlage oder Analogrechner) testen.

Die Testergebnisse zeigen, wie weit man dem Verhalten des Originalsystems nahegekommen ist. Signifikante Abweichungen des Modells vom Originalsystem müssen durch die Änderung des Modells oder der Modellbestandteile korrigiert werden. Durch den laufenden Test erhält man schließlich ein Modell, das dem Originalsystem möglichst nahekommt. Ein der Realität angepaßtes Modell sollte folgende Eigenschaften haben:

- Das Modell soll möglichst exakt das zu untersuchende System nachahmen, allerdings sollten nur die Merkmale in das System aufgenommen werden, die für die Untersuchung zentral sind, um den Aufwand möglichst gering zu halten.
- Das Modell muß leicht zu untersuchen sein.
- Das Modell muß genügend flexibel sein und während der Untersuchung in gewissen Grenzen noch veränderbar sein.
- Das Modell sollte möglichst allgemein verwendet werden können, damit eventuell unterschiedliche Systeme mit denselben Modellen untersucht werden können.
- Ein- und Ausgabe von Daten und Parametern sollte überschaubar und leicht durchführbar sein.

Für die unterschiedlichen Simulationsverfahren gibt es verschiedene, der jeweiligen Methode angepaßte Beschreibungsmöglichkeiten, mit deren Hilfe die Systeme analysiert und gegliedert werden müssen. Fünf Beschreibungsmöglichkeiten sind aufgeführt und kurz erläutert:

#### 4.4.1 Regelkreisdarstellung

Die Blockdiagrammdarstellung eines Regelkreises liefert Elemente, Relationen und zusätzlich Angaben über den Zeitverlauf innerhalb der einzelnen Elemente. Dies ist in dynamischen Systemen besonders wichtig, da daraus das Zeitverhalten des Gesamtsystems ermittelt werden kann: insbesondere kann die Stabilität<sup>5)</sup> eines solchen Regelkreises damit ermittelt werden. Das Zeitverhalten ist in dieser Darstellung sozusagen die 3. Dimension.

#### 4.4.2 Analogschaltbild

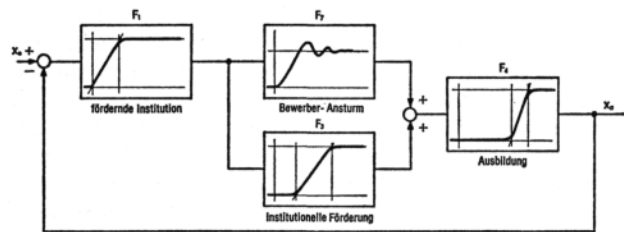
Das aus der Regelkreisdarstellung abgeleitete Analogschaltbild ist die Unterlage für die Schaltung des Analogrechners. Die einzelnen Elemente im Schaltbild zeigen die am Analogrechner vorhandenen Elemente, die nun durch entsprechende Leitungen verbunden werden. Diese Art der Darstellung ist für den Laien ohne Vorkenntnisse nicht verstehbar, zeigt aber sehr exakt die einzelnen Abhängigkeiten. Auch die Funktionen der einzelnen Elemente gehen aus diesem Schaltbild klar hervor. Die Einarbeitung wird erleichtert, da die Anzahl der unterschiedlichen Schaltelemente gering ist.

*Kommentar:*

In dieser Darstellung ist der Verlauf einiger Zustandsgrößen abgebildet, der sich bei einer Simulation ergibt und in dieser Art am Bildschirm angezeigt wird. Es sind gedämpf-

<sup>5)</sup> Stabilität bedeutet in diesem Zusammenhang, daß durch Aktionen das System nicht in Schwingungszyklen gebracht werden kann, die sich dann selbst weiter aufschaukeln, sondern daß das System dämpfend wirkt.

#### Regelkreisdarstellung



##### Erläuterungen

Die Kurven in den Kästchen geben den Zeitverlauf der Ausgangsgröße nach einer Änderung der Eingangsgröße (hier ein Sprung von 0 auf  $x_{e,an}$ ). Die Kurven entstehen aufgrund von Anlauf- und Einschwingvorgängen, die für die Systemelemente charakteristisch sind.

Erläuterung der im gezeigten Regelkreis vorkommenden Funktionen:

Bezeichnung *)	Verlauf d. Eingangsgröße	Verlauf d. Ausgangsgröße	Erläuterung	Beispiel
PT <sub>1</sub>			Erst nach der Zeit T <sub>1</sub> bewirkt die Maßnahme $x_e$ das Ergebnis $x_a$ .	Die Zahl der geförderten Personen nähert sich dem durch die Haushaltsmittel festgelegten Grenzwert.
PT <sub>2</sub>			Die Maßnahme $x_e$ erzeugt großes Interesse, nach Auspendeln erhält man die proportionale Ausgangsgröße $x_a$ .	Die Veröffentlichung der Förderungsrichtlinien führt zu einem wachsenden Interesse, das die Förderungsmöglichkeiten übersteigt. Nach Vorgängen der Information und Beratung pendelt sich eine Bewerberzahl ein.
PT, T <sub>1</sub>			Erst nach einer bestimmten Zeit T <sub>1</sub> (= Totzeit) beginnt sich eine Maßnahme auszuwirken.	Die Ausbildung dauert die Zeit T <sub>1</sub> , d. h. während dieser Zeit sind die Geschulten nicht am Arbeitsmarkt. Der T-Bestandteil wird durch Durchlaufquote und Nachprüfung der Durchlaufzeiten gebildet.

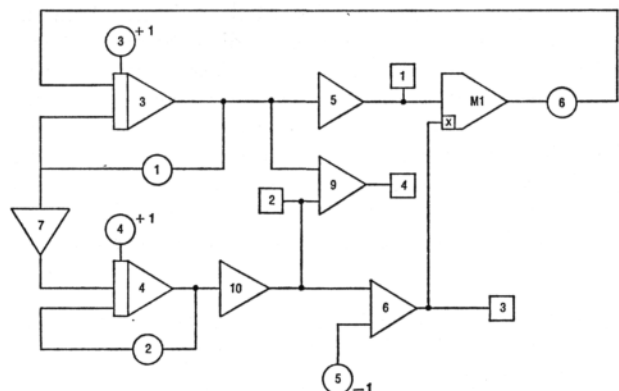
\*) P = Proportionales Verhalten: eine Maßnahme bewirkt sofort eine proportionale Änderung

T<sub>1</sub> = Zeitverzögerung 1. Ordnung: Der Änderungsvorgang benötigt eine Zeit T<sub>1</sub> vom Anlauf bis zum Abschluß

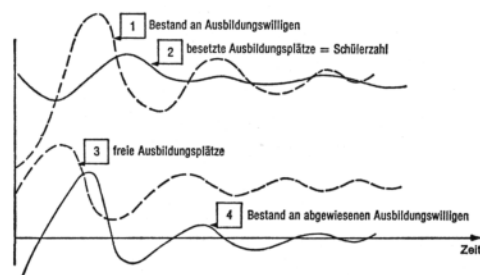
T<sub>2</sub> = Zeitverzögerung 2. Ordnung: Der Änderungsvorgang bewirkt ein Überschwingen und Einpendeln auf den Ausgangswert

T<sub>1</sub> = Totzeit: Die Maßnahme bewirkt erst nach Ablauf der Totzeit T<sub>1</sub> die Änderung

#### Analogschaltbild



##### Beispiel einer Simulation



##### Erläuterung:

	$u_a(t_0)$	$u_a(t) = u_a(t_0) - \int_0^t \frac{1}{R_1 C} u_1 + \frac{1}{R_2 C} u_2 dt$	Integrierer
	$u_1, u_2$	$u_a = K \cdot u_1 \cdot u_2$	Multiplizierer
	$u_e$	$u_a = \alpha u_e$	Potentiometer
	$u_1, u_2$	$u_a = -(u_1 + u_2)$	Umkehrverstärker oder Summierer
			Meßpunkt

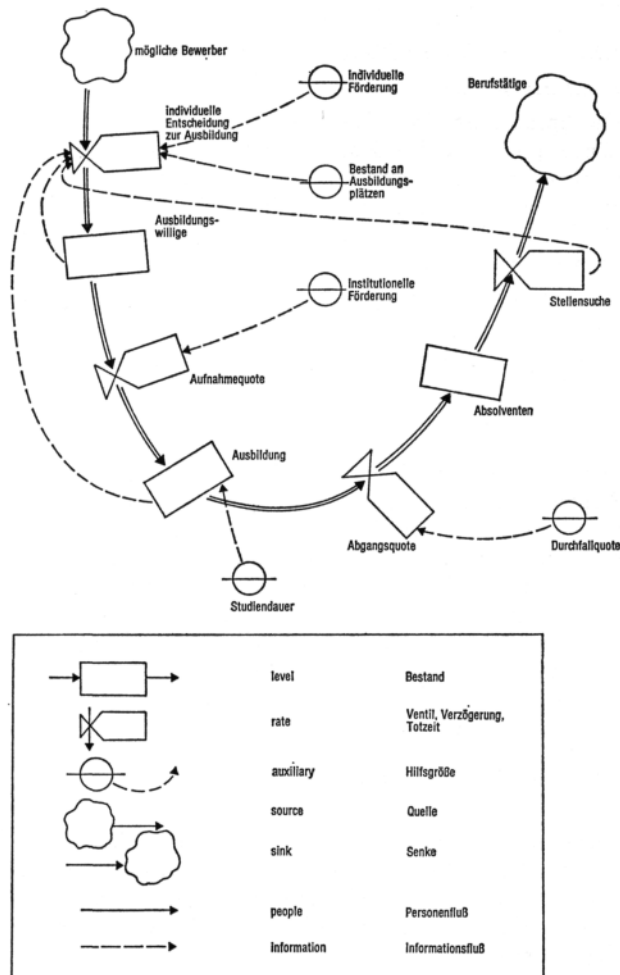
te Schwingungen, d. h., nach der Veränderung von Grundgrößen pendeln sich die einzelnen Werte auf einen Endwert ein. Kurz nach der Veränderung gibt es allerdings erhebliche Amplituden (d. h. Schwankungsbreiten).

Durch Verstellen der Potentiometer läßt sich die Höhe dieser Amplituden auf das mögliche Minimum reduzieren, so daß hier Entscheidungshilfen für die Steuerung des Prozesses erarbeitet werden können.

#### 4.4.3 System-Dynamics-Graph

System-Dynamics ist ein Verfahren, Modelle in einer speziellen Programmiersprache zu formulieren und diese Modelle auf einem Digitalrechner mit Hilfe einer Simulationssprache zu erstellen. Da Programmieranweisungen in der Auflistung unübersichtlich sind, verwendet man bestimmte Symbole und Verbindungslinien für die anschauliche Darstellung. Diese Symbole sind allgemein verständlich auch für den, der System-Dynamics nicht kennt. Charakteristisch für diese Darstellung ist die Trennung von Informationsfluß, Personen und sonstigen Flüssen (Geld, Material). Das Zeitverhalten wird berücksichtigt, Verzögerungen, time-lags und Zeitverschiebungen zwischen verschiedenen Zustandsgrößen können zumindest global berücksichtigt werden.

#### System-Dynamics-Graph



Kommentar:

In den Untersuchungen, die vom Club of Rome veranlaßt wurden und zu dem Bestseller „Die Grenzen des Wach-

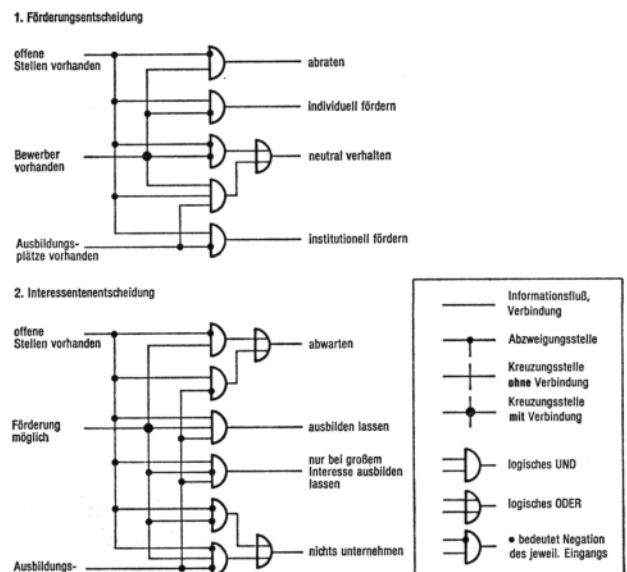
<sup>6)</sup> Ulrich, Erhard, Manfred Lahner, Zur Prognose neuer Berufe, MittAB 1/1970, S. 33.

tums“ führten, wurde diese Simulationssprache und -darstellung verwendet.

#### 4.4.4 Logische Verknüpfung (Logikschaltplan)

Logikschaltpläne werden in der Digitalelektronik verwendet, um Verdrahtungspläne für den Bau von Schaltungen zu erhalten. In diesen Logikschaltplänen werden die einzelnen Elemente vereinfacht dargestellt und auf alle Nebenelemente, wie Stromversorgung usw., verzichtet. Vom Inhalt her bietet der Plan einen klaren Ablauf von Entscheidungspunkten (wie sie bereits bei der Entscheidungstabelle angesprochen worden waren), aber nicht diese Übersichtlichkeit. Für einen Laien ist ein solches Logikdiagramm nur nach einiger Einarbeitung zu verstehen.

#### Logikschaltplan



Kommentar:

Ein derartiger Logikschaltplan wurde bereits benutzt, um Abhängigkeiten zu erläutern. Dort wurde eine Darstellung von Möglichkeiten und Voraussetzungen einer zukünftigen Berufsstruktur angeboten<sup>6)</sup>.

#### 4.4.5 Flußdiagramm (s. Abbildung folgende Seite)

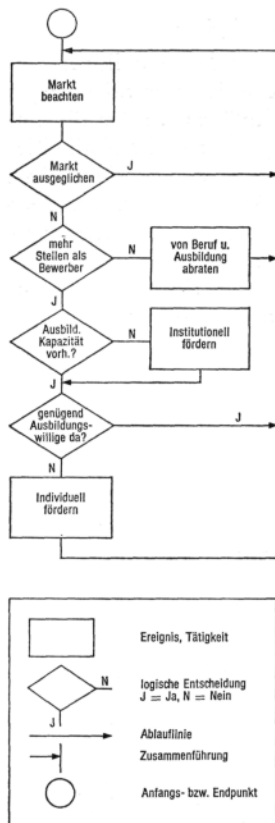
Flußdiagramme (auch Programmablaufpläne nach DIN 66 001) dienen normalerweise als Hilfsmittel für die Erstellung und Wartung von DV-Programmen. Durch ihre Übersichtlichkeit erleichtern sie die Programmkontrolle und ermöglichen eine deutliche Darstellung der einzelnen Verknüpfungen und Aktionen. Die Flußdiagramme ermöglichen es, logische Entscheidungen und Aktionen zu verknüpfen und die logischen Entscheidungen in ihrer Abfolge darzustellen. Durch die Möglichkeit, diese Flußdiagramme umfangreich zu beschriften, sind sie auch für den Unkundigen sehr leicht zu lesen, wenn er die Grundelemente kennt. Diese Grundelemente setzen sich aus einigen wenigen zusammen, die leicht erlernbar sind. DV-Programme werden in dieser Form dokumentiert.

### 5. Ordnung und Wertung der einzelnen Verfahren

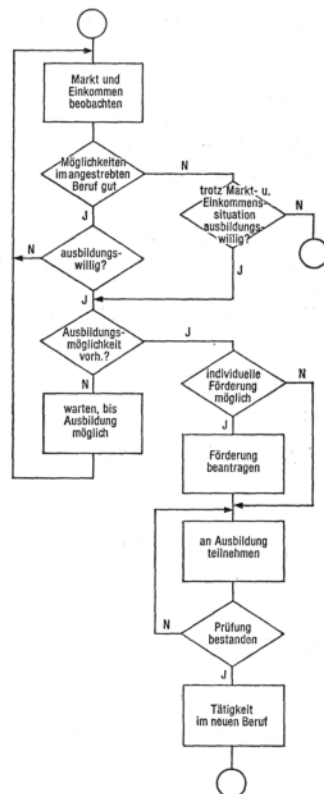
Die einzelnen Verfahren, die hier beschrieben worden sind, können nach unterschiedlichen Gesichtspunkten geordnet und bewertet werden. Auch dabei ist es wiederum problematisch, Darstellungsverfahren und Modellverfahren voneinander zu trennen, da Darstellung, Modellierung und Si-

## Flußdiagramm

1. Förderungsentscheidung



2. Interessentenentscheidung



mulation zusammengehören und für sich allein nicht immer plausibel sind. Trotzdem können schon durch die Wahl eines neuen Darstellungsverfahrens neue Erkenntnisse gewonnen werden. Durch interdisziplinäre Untersuchungen, die hier verstanden werden als Anwendung der Methoden der Systemtechnik auf Problemstellungen aus der Sozialwissenschaft, können Impulse ausgehen, die gute Problemlösungen ermöglichen. Bei einer späteren Modellierung und Simulation können die hier gewonnenen Erkenntnisse eine große Hilfe sein.

In der Folge werden die Verfahren zunächst geordnet und danach bewertet.

### 5.1 Grad der Formalisierung

Formalisierung ist ein Mittel, um bei der Darstellung von Sachverhalten zu eindeutigen, leicht weiterverarbeitbaren Bausteinen zu kommen, die sich zu einem Gedankengebäude aufbauen lassen, ohne daß Hersteller oder Nutzer jeden Gedankenschritt für sich selbst nachzuvollziehen haben. Typisch für dieses Vorgehen sind die Mathematik und physikalisch-technischen Gebiete. Nicht jede Formel und jeder Lehrsatz wird bewußt abgeleitet und durchdrungen, sondern die bereits entwickelten Bausteine werden nur auf ihre Anwendbarkeit hin geprüft und dann benutzt.

Der Begriff der Formalisierung soll hier verstanden werden als der Umfang des im einzelnen Verfahren zur Verfügung stehenden Alphabetes, wobei das Alphabet sowohl Zeichen zur Darstellung von Inhalten (semantischer Aspekt) als auch Verknüpfungszeichen (syntaktischer Effekt) enthalten kann. Weiterhin spielt der Abstand von der Umgangssprache, vom Gebräuchlichen, eine besondere Rolle.

Eine höhere Formalisierung, die sich daraus ergibt, daß neue Zeichen eingeführt werden, die nicht Bestandteil der Umgangssprache sind, verringert den Umfang der Beschreibung und führt zu einer engeren und damit genaueren Aussage. Die Anzahl der neu eingeführten Zeichen ist in allen hier aufgeführten Methoden sehr gering im Vergleich zur Komprimierung der Darstellung.

Dagegen wird der Umfang der Aussage, die Variabilität und damit die Anpassung der Beschreibungsmethode an die Problemstellung verringert. Unscharfen in der Problemstellung, wie z. B. bei einer Entscheidungssituation, in der im Normalfall keine Ja-Nein-Entscheidung, sondern eine Besser-Schlechter-Entscheidung ansteht, lassen sich in einem Text sehr schön unterbringen, in den systemtechnischen Methoden lassen sich derartige Fälle nur durch Auflösen in Einzelentscheidungsstufen lösen.

In diesem Sinne liegt hier bei der verbalen Beschreibung ein niedriger Grad der Formalisierung vor, bei logischen Verknüpfungen, der Regelkreisdarstellung und dem Analogschaltbild ein hoher Grad der Formalisierung.

### 5.2 Vollständigkeit der Aussage

Die einzelnen Darstellungsverfahren bieten unterschiedliche Möglichkeiten, Sachverhalte umfassend darzustellen. Die einzelnen Verfahren beschreiben oft nur Teilaspekte des Systems.

#### 5.2.1 Universelle Darstellungsmethoden

##### 5.2.1.1 Beschreibung

Die Sprache ist ein universelles Mittel, um Zusammenhänge, gleich welcher Kompliziertheit, darzustellen. Allerdings ist der Aufwand an Worten bei komplexen Systemen recht groß, da Zusammenhänge, die in einer kleinen Grafik deutlich gezeigt werden können, verbal umschrieben werden müssen.

Durch Flexibilität der Sprache kann die Art der Beschreibung der Art des zu beschreibenden Systems angepaßt werden (z. B. Mehrdeutigkeit, Exaktheit, Abstraktheit der Sprache entsprechend den Eigenschaften des Gegenstandes).

##### 5.2.1.2 System-Dynamics-Graph

Durch die verhältnismäßig geringe Formalisierung der Abhängigkeiten und Verbindungen im System-Dynamics-Graph lassen sich damit nahezu alle Zustände und Verknüpfungen erläutern. Eine besondere Hilfe für die Systemerkennung ist die saubere Gliederung der einzelnen Systembestandteile in Quellen, Bestände, Veränderungsstellen und Senken. Durch die Möglichkeit, Informationsbeziehungen durch gestrichelte Linien beliebig zu ziehen, ist auch die immaterielle Kopplung verschiedener Material- bzw. Personenströme darstellbar.

#### 5.2.2 Darstellung von Einzelaspekten

##### 5.2.2.1 Gliederung

Nur durch die Benummerung wird aus den eindimensionalen Gliederungsbestandteilen ein zweidimensionales Gebilde. Die Übersichtlichkeit ist nicht besonders groß, besonders wenn zusätzliche Abhängigkeiten durch Querverweise eingeführt werden.

##### 5.2.2.2 Blockschaltbild

Das Blockschaltbild ist zweidimensional (eine dritte Dimension kann angedeutet werden) und eignet sich deshalb gut zur Darstellung vernetzter Systeme. Für den Betrachter ist das Blockschaltbild meist schneller einzusehen, besonders wenn er Erfahrung im Lesen von grafischen Dar-

Stellungen hat. Allerdings kann in einem derartigen Blockschaltbild der Zeitablauf einer Entwicklung nicht dargestellt werden, d. h. die Dynamik eines Prozesses, beschrieben durch die sog. „Übergangsfunktion“ (= Änderungen bestimmter Prozeßparameter im Ablauf der Zeit) läßt sich in dem Blockschaltbild nur verbal hinzufügen. In diesem Fall wird ein solches Blockschaltbild durch Text schnell überlastet.

#### 5.2.2.3 Regelkreisdarstellung

In der Regelkreisdarstellung lassen sich günstig zeitliche Veränderungen (das dynamische Verhalten) darstellen. Durch den Formalismus, der für die Regelungstechnik entwickelt wurde, lassen sich Zeitverläufe präziser darstellen und für den Fachmann erläutern. Das Zusammenwirken der Elemente im Regelkreis läßt sich allerdings erst mit besonderen regelungstechnischen Verfahren feststellen.

#### 5.2.2.4 Analogschaltbild

Das Analogschaltbild ist eine logische Weiterentwicklung der Regelkreisdarstellung. Durch geeignete Bauelemente können die Funktionen, die in der Regelkreisdarstellung angegeben sind, schaltungstechnisch nachgeahmt (simuliert) werden. Ausgehend vom Analogschaltbild läßt sich eine Rechenschaltung auf einem Analogrechner erstellen, um modellhaft die Zusammenhänge zu simulieren.

#### 5.2.3 Darstellung des Entscheidungsablaufs

Die Verfahren der Untersuchung des Entscheidungsablaufs ermöglichen es nicht, die zeitliche Komponente mit in das Konzept aufzunehmen. Die an den Entscheidungspunkten auftretenden Ja/Nein-Entscheidungen werden aufgezeigt und dargestellt. Solche Verfahren können dann sehr nützlich sein, wenn sämtliche Alternativmöglichkeiten zu berücksichtigen sind.

##### 5.2.3.1 Flußdiagramm

Im Flußdiagramm wird besonders deutlich, in welcher Reihenfolge die einzelnen Entscheidungen getroffen werden und welche neuen Entscheidungen aufgrund der abgelaufenen Entscheidungsstruktur notwendig sind. Flußdiagramme sind die Grundlage für die Programmierung eines Digitalrechners.

##### 5.2.3.2 Entscheidungstabelle

Entscheidungstabellen haben den Vorteil, daß sie ohne überflüssigen Ballast die Entscheidungssituation deutlich darstellen. Wegen des geringen Formalismus sind sie auch von Nichtfachleuten lesbar.

##### 5.2.3.3 Logische Verknüpfungen (Logikschaltplan)

Während im Analogschaltbild die Elemente des Analogrechners dargestellt wurden, werden im Logikschaltplan die digitalen Elemente verwendet. Diese Darstellung enthält dieselbe Information wie die Entscheidungstabelle. Ein Vorteil ist, daß aus dieser Darstellung sofort eine digitale Rechenschaltung verdrahtet werden kann. Sie kann in eine Formel in Boolescher Algebra umgesetzt werden und bei Anwendung der Rechenregeln der Booleschen Algebra vereinfacht oder umstrukturiert werden.

#### 5.2.4 Darstellung des Zeitablaufs

##### 5.2.4.1 Netzplan

In der Netzplantechnik wird nur die Zeit- und z. T. die Kapazitäts-Komponente berücksichtigt. Die Abhängigkeiten zwischen einzelnen Elementen werden vor allem aus

der Sicht der Termine (Anfangs-, Endtermine von Teilbereichen, wahrsch. Termin, max., min. mögl. Termine) berücksichtigt. Der besondere Vorteil der Netzplantechnik liegt darin, daß festgestellt werden kann, welche Tätigkeiten in einem Projekt den Endtermin beeinflussen und welche Tätigkeiten einen zeitlichen Spielraum besitzen.

#### 5.3 Bewertung der Verfahren

Anstelle einer Beschreibung: „Während die Formalisierung einer Gliederung gering ist, liegt bei der logischen Verknüpfung eine sehr hohe Formalisierung zugrunde. Dazwischen liegen die übrigen Verfahren ...“ soll hier gleich eine geeignetere Darstellungsform gebracht werden.

In der folgenden Tabelle zeigt es sich viel deutlicher als in einer Beschreibung, wo klare und wo weniger klare oder überhaupt keine Angaben (leere Felder) gemacht werden. Der Verfasser muß also, das wird hier besonders deutlich, Stellung beziehen und sich über alle Verfahren klar äußern. In einer Beschreibung ist das nicht nötig, da die Problemunkte nicht unbedingt angesprochen werden müssen.

Doch auch hier ergibt sich das Problem, die einzelnen Bewertungsaspekte deutlich zu definieren. Am Beispiel Umfang soll dies verdeutlicht werden:

Möglich sind folgende Auslegungen:

- Umfang nach Seitenzahl
- Umfang nach notwendiger Papierfläche
- Umfang nach Zahl der Zeichen und der Zeichendichte
- Umfang gemessen an der Dauer der notwendigen Betrachtung für die Informationsaufnahme
- Umfang gemessen an der notwendigen Länge einer verbalen Beschreibung.

Aus diesem Dilemma helfen nur vorgegebene Einschränkungen:

<b>Umfang:</b>	relativer Platzbedarf bei Veröffentlichung
<b>Übersichtlichkeit:</b>	gemessen an der Dauer der Informationsaufnahme, auch von Teilinformation
<b>Eindeutigkeit:</b>	Aussagen sind nur in einem Sinne auszulegen
<b>Vollständigkeit:</b>	die Aspekte können vollständig dargestellt werden
<b>Formalisierung:</b>	Distanz der speziellen Zeichen von der allgemeinen Kommunikation
<b>notwendige Spezialkenntnisse:</b>	die Zeichen sind nicht ohne Einführung verständlich, sondern müssen gelernt sein
<b>Mehrdimensionalität:</b>	die Darstellung ist mehrdimensional
<b>Simplifizierung:</b>	eine Darstellung ist nur möglich, wenn das Problem vereinfacht und auf die Darstellungsmethode abgestimmt wird
<b>Rückkopplung:</b>	die Ergebnisse vorhergehender Entscheidungen beeinflussen nachfolgende Entscheidungen
<b>binäre Relationen:</b>	Entscheidungen werden nur als Ja/Nein-Entscheidungen getroffen
<b>Schwellenwertaspekt:</b>	Entscheidungen werden erst dann getroffen, wenn bestimmte Schwellenwerte überschritten sind.

## Bewertungstabelle

<div> <div>Darstellungsmethode</div> <div>Bewertungsaspekte</div> </div>	Beschreibung	Gliederung	Blockdiagramm	Netzplan	Entscheidungstabelle	Regelkreisdarstellung	Analogschaltbild	System-Dynamics-Graph	logische Verknüpfung	Flußdiagramm
Umfang	groß	mittel	klein	mittel	klein	klein	klein	klein	klein	klein
Übersichtlichkeit	gering	gut	sehr gut	gut	gut	gut	mäßig	sehr gut	mäßig	gut
Eindeutigkeit	*	*	*	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Vollständigkeit	*	*	*	gut <sup>1)</sup>	gut <sup>2)</sup>	gut	gut	*	gut <sup>3)</sup>	*
Formalisierung	gering	gering	mäßig	hoch	hoch	hoch	sehr hoch	hoch	sehr hoch	hoch
notwendige Spezialkenntnisse	nein <sup>3)</sup>	nein	nein	einige	einige	ja	ja	einige	ja	einige
Mehrdimensionalität	nein	*	ja	nein	*	ja	ja	ja	*	ja
Simplifizierung	*	nötig	nötig							
Rückkopplung	*		möglich	nicht möglich	nicht möglich	ja	ja	möglich	nicht möglich	ja
binäre Relationen	*	nein	nein	nein	ja	möglich		möglich	ja	ja
Schwellenwertaspekt	*	nein	nein	nein	mögl. <sup>4)</sup>	ja	möglich	möglich	mögl. <sup>4)</sup>	mögl. <sup>4)</sup>

\*) je nach Anwendung der Methode, möglich, aber nicht zwangsläufig

<sup>1)</sup> bezogen auf den zeitlichen Ablauf

<sup>2)</sup> bezogen auf die Entscheidungssituation

<sup>3)</sup> vorkommende Fachbegriffe müssen bekannt sein

<sup>4)</sup> durch Auflösung in mehrere Entscheidungsstationen

## 6. Zusammenfassung

Die unter dem Sammelbegriff „Systemtechnik“ zusammengefaßten Verfahren können bei der Darstellung von komplexen Systemen behilflich sein. Eine Trennung zwischen Beschreibungsmethode, Modellierungsverfahren und Simulation ist in den meisten Fällen äußerst schwierig, deshalb ist die Abspaltung nur der Beschreibungsmethode problematisch.

Die Darstellungsverfahren sind nie vollständig. Die Behandlung der verschiedenen Aspekte, wie logische Abfolge, Zeitverhalten, Rückkopplung oder Verhalten an Entscheidungspunkten ist bei den Verfahren unterschiedlich berücksichtigt und gewichtet.

Im allgemeinen bieten die Verfahren eine gute Übersichtlichkeit in den Aspekten, die in der entsprechenden Methode im Mittelpunkt stehen.

Die Auswahl der entsprechenden Methode hängt deshalb davon ab, welche Aspekte eines Systems im Vordergrund der Untersuchungen stehen.

Werden die Methoden in der Weise relativiert betrachtet, dann können sie in vielen Fällen mit Gewinn verwendet werden. Der Einblick in Problemstellung und Problemlösung wird verbessert und der Informationsaustausch läßt sich von überflüssigem Ballast befreien.

## LITERATURVERZEICHNIS

Aus der umfangreichen Literatur über die angeführten Verfahren werden hier nur grundlegende Bücher bzw. Aufsätze angeführt, in denen die Darstellungsmethoden der Verfahren besonders aufgeführt sind.

1. Christen, Koelle, Machensen, Noak, Mohrmann:  
Begriffsdefinition der Systemanalyse unter besonderer Berücksichtigung der Systemtechnik  
Brennpunkt Systemtechnik, TOB Berlin 1972
2. Koxholt, Rolf:  
Die Simulation — ein Hilfsmittel der Unternehmensforschung  
München/Wien 1967
3. Oppelt, Winfried:  
Kleines Handbuch technischer  
Regelvorgänge Weinheim 1964

4. Brandenburger, Konrad:  
Netzplantechnik  
Zürich 1968

5. Forrester, Jay. W.:  
Industrial Dynamics  
Cambridge/Mass. USA, 1969

6. Plugh, Alexander:  
L. III Dynamo II, Users Manual  
Cambridge/Mass. USA, 1970

7. Strunz, Horst:  
Entscheidungstabellentechnik  
in Zeitschrift f. Organisation 2/1973

8. Ropohl, G.:  
Systemtechnik — Grundlagen und Anwendung  
München/Wien 1975